

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 30 28 777 A 1

⑯ Int. Cl. 3
H 02 K 3/46

DE 30 28 777 A 1

⑯ Aktenzeichen:
⑯ Anmeldetag:
⑯ Offenlegungstag:

P 30 28 777.5-32
29. 7. 80
26. 3. 81

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

15 08 79 US 66732

⑯ Erfinder:

Flick, Carl, Pittsburgh, Pa., US, Ying, Sui-Chun,
Monroeville, Pa., US

⑯ Anmelder:

Westinghouse Electric Corp., 15222 Pittsburgh, Pa., US

⑯ Vertreter:

Fleuchaus, L., Dipl.-Ing., 8000 München; Wehser, W.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 3000 Hannover

⑯ Statoranordnung für dynamoelektrische Maschinen

DE 30 28 777 A 1

3028777

FLEUCHAUS & WEHSER
PATENTANWALTE

DIPL. ING. LEO FLEUCHAUS
8000 München 71
Melchiorstraße 47
F 089 - 792800
Telexgramm: Transmarkpatent München

DIPL. ING. WILF. WEHSER
3000 Hannover 1
F 0511 - 321449

München, den 25. Juli 1980

WS212P-2144

Westinghouse Electric Corp.
Gateway Center
Pittsburgh, Penna. 15235
USA

Patentansprüche

1. Statoranordnung für dynamoelektrische Maschinen mit einer Vielzahl von Statorwicklungen, dadurch gekennzeichnet,
 - daß die Statorwicklung (36) jeweils aus einer Vielzahl von in Serie geschalteten und flach spiralförmig gewickelten Windungen (42) besteht,
 - daß jeweils ein im wesentlichen starrer Aussteifungskörper (46; 46') in der offenen Wickelfläche (44) der innersten Windung (42) einer jeden Statorwicklung (36) angeordnet ist,
 - und daß die einzelnen Windungen (42) mit dem Aussteifungskörper (46; 46') fest verbunden sind.
2. Statoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - daß Abstandshalter (53) zwischen die einzelnen miteinander fest verbundenen Windungen (42) der Statorwicklung (36) sowohl im Kopfbereich als auch im Längsbereich der Windungen in ausgewählten Abständen angeordnet sind.

130013/0979

3. Statoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
-daß die Aussteifungskörper (46, 46') der Krümmung der spiralförmig gewickelten Statorwicklung angepaßt sind und eine Dicke aufweisen, welche kleiner oder gleich der Dicke der Windungen in radialer Richtung ist.
4. Statoranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
-daß der Aussteifungskörper (46; 46') und die Windungen (42) mittels Bändern (50; 50') miteinander verbunden sind, welche zumindest teilweise durch Bohrungen (52) im Aussteifungskörper verlaufen.
5. Statoranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
-daß weitere Bänder (50') vorhanden sind, welche jeweils in Umfangsrichtung nebeneinander gewickelte Windungen miteinander verspannen.
6. Statoranordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,
-daß die einzelnen Statorwicklungen (36) in spiralförmiger Anordnung versetzt zwischen innenliegende Stützrohre (26, 28) und eine äußere Stützkonstruktion eingespannt sind.
7. Statoranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
-daß die äußere Stützkonstruktion vom Kernpaket (24) und zwischengefügte Schutzelemente (38, 40) gebildet wird, welche auf der äußeren Lage der Windungen der jeweiligen Statorwicklungen aufliegen.
8. Statoranordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

3028777

- 3 -

WS212P-2144

-daß die Schutzelemente (38) mit Versteifungen (56) versehen sind, welche sich in radialer Richtung zwischen die Windungen (42) erstrecken.

9. Statoranordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,
-daß die äußereren an die Stützelemente angrenzenden Windungen der einzelnen Statorwicklungen verkantet angeordnet sind und in Kerben bzw. Vertiefungen (58) in den Stützelementen (38) zur Abtragung von Lastbeanspruchungen eingreifen.

10. Statoransordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,
-daß Spanneinrichtungen (54, 40) vorhanden sind, um die Statorwicklungen mit den Stützrohren (26, 28) und den Schutzelementen (38) in radialer Richtung zu verspannen.

130013/0979

1

2

5

8

3028777

FLEUCHAUS & WEHSER
PATENTANWÄLTE

- 4 -

DIPL.ING. LEO FLEUCHAUS
8000 München 71
Melchiorstraße 42
GP 099 - 79 28 00
Telegramm. Transmarkpatent, München

DIPL.ING. WULF WEHSER
3000 Hannover 1
GP 05 11 - 32 14 49

München, den 25. Juli 1980

WS212P-2144

Westinghouse Electric Corp.
Gateway Center
Pittsburgh, Penna. 15235
USA

Statoranordnung für dynamoelektrische Maschinen

Die Erfindung betrifft eine Statoranordnung für dynamoelektrische Maschinen mit einer Vielzahl von Statorwicklungen. Mit einem Luftspalt arbeitende Statorwicklungen werden in unterschiedlicher Ausgestaltung bei dynamoelektrischen Maschinen, insbesondere bei Generatoren verwendet, welche eine supraleitende Feldwicklung haben. Die flach spiralförmig gewickelten Windungen der einzelnen Statorwicklungen sind ihrerseits spiralförmig von einem inneren zu einem äußeren Bereich der Statoranordnung verlaufend angeordnet. Eine derartige Wicklung hat gewisse Vorteile und ermöglicht eine wirkungsvolle radiale und tangentiale Befestigung der einzelnen Statorwicklungen (OE-PS 3 29 670 und US-PS 4 151 433). Zusätzlich zu dieser spiralförmigen Anordnung der flachen Wicklungspakete ist es auch aus der US-PS bekannt, eine Flüssigkeitskühlung vorzusehen, die besonders vorteilhaft mit diesen Wicklungspaketen eingesetzt werden kann.

Fs/gf

130013/0979

Durch

Durch das Einfügen einer Serie von Keilen, welche zwischen die einzelnen Windungen eingesetzt werden, werden die einzelnen Statorwicklungen als separate Einheiten mechanisch abgestützt. Dabei sind die einzelnen Windungen einer Statorwicklung in Serie zueinander geschaltet. Statorwicklungen mit einem derartigen Aufbau sind kontinuierlichen Erschütterungen zusätzlich zu der hohen elektromagnetischen Beanspruchung ausgesetzt, wenn fehlerhafte Betriebszustände auftreten. Diese möglichen Belastungen bei fehlerhaften Betriebszuständen erfordern eine gleichmäßige Abstützung jeder einzelnen Statorwicklung sowie der einzelnen Windungen einer Wicklung: Zu diesem Zweck ist es bekannt, die einzelnen Windungen einer Statorwicklung durch Injektion von Kunststoff monolithisch miteinander zu verbinden, um die einzelnen Statorwicklungen aussteifen und die Windungsabschnitte halten zu können. Obwohl mit Kunsthärz die einzelnen Windungen fest zu halten sind, ergeben sich bei solchen monolithischen Strukturen keine zufriedenstellenden Befestigungen, wenn in den dynamoelektrischen Maschinen hohe mechanische und elektromechanische Kräfte auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Statoranordnung für dynamoelektrische Maschinen zu schaffen, bei welcher eine starre Struktur und eine sichere Verspannung der einzelnen Statorwicklungen gewährleistet ist. Insbesondere soll die Abtragung der Kräfte in die Stützkonstruktion mit möglichst geringer Vibration- und Verschiebebeanspruchung der Statorwicklungen erfolgen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Statorwicklung jeweils aus einer Vielzahl von in Serie geschalteten und flach spiralförmig gewickelten Windungen besteht, daß jeweils

ein im wesentlichen starrer Aussteifungskörper in der offenen Wickelfläche der innersten Windung einer jeden Statorwicklung angeordnet ist, und daß die einzelnen Windungen mit dem Aussteifungskörper fest verbunden sind.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von weiteren Ansprüchen.

Die Erfindung wird bei einer Statoranordnung besonders vorteilhaft verwirklicht, bei der die einzelnen Statorwicklungen in einer Rahmenkonstruktion festgehalten werden. Die einzelnen Statorwicklungen bestehen aus in Serie geschalteten und spiralförmig flach gewickelten Windungen, wobei in der offenen Wickelfläche der inneren Windung ein Aussteifungskörper angeordnet ist. Dieses flache Gebilde ist entsprechend der Krümmung des Stators in Umfangsrichtung gekrümmt, so daß die jeweiligen Abschnitte der Windungen im Kopfbereich etwa längs einer Kreislinie verlaufen. Zur Aussteifung sind die Aussteifungskörper und die angrenzenden Windungen sowie die einzelnen Windungen untereinander mit Bändern verspannt, wobei zwischen den einzelnen Windungen Abstandshalter angeordnet sind, um die Windungen auf einem vorgesehenen Abstand gegeneinander zu halten. Die im Querschnitt der Statoranordnung spiralförmig auf ein inneres Stützrohr aufgelegten Statorwicklungen werden zwischen dem Stützrohr und das Statorkernpaket verspannt, wobei Schutzelemente eingefügt sind, um die Windungen gegen Beschädigungen zu schützen. Als zusätzliche Maßnahme können auch Spannglieder vorgesehen sein, welche eine radiale Verspannung der Statorwicklung zulassen.

Die

130013/0979.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Zeichnung näher erläutert, aus welchen sich die Vorteile und Merkmale auch ergeben. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen turbinengetriebenen Generator;
- Fig. 2 einen Teilquerschnitt durch den Generator gemäß Fig. 1;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der Zuordnung einzelner Spulen der Wicklung zueinander;
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer ausgesteiften und mit einem Aussteifungskörper versehenen Spule der Wicklung;
- Fig. 5 einen dem Aufbau gemäß Fig. 2 entsprechenden Teilschnitt mit einer radial verlaufenden Stützkonstruktion;
- Fig. 6 und 7 dem Aufbau gemäß Fig. 2 entsprechende Teilschritte mit Maßnahmen zur Übertragung der auf individuelle Spulenwindungen wirkende Kräfte auf die radiale Stützkonstruktion.

Die nachfolgende Beschreibung eines Ausführungsbeispiels zeigt im Detail, wie mit Hilfe struktureller Integration einzelner Wicklungsspulen bzw. Spulenwindungen der Statorwicklung einer dynamoelektrischen Maschine Spannungen im Innern der Wicklung verringert und lokale Verschiebungen der Wicklungsteile vermieden werden können, die sich aufgrund mechanischer Vibration und elektromagnetischer Kräfte einstellen. Obwohl die Erfindung anhand einer Ausführungsform für einen großen turbinengetriebenen Generator beschrieben wird, sind die Maßnahmen auch bei dynamoelektrischen Maschinen abweichender Dimensionierung anwendbar.

Der in Fig. 1 dargestellte Generator 10 umfaßt einen Rotor 12, der in einem Stator 16 drehbar angeordnet ist. Der Stator 16 umfaßt einen Rahmen 18 mit Stützrippen 20, in welchem die Statorkonstruktion gehalten ist. Der Stator 16 umfaßt Statorwicklungen 22, ein Kernpaket 24 sowie Stützrohre 26 und 28. Obwohl nur zwei Stützrohre 26 und 28 dargestellt sind, kann je nach den mechanischen Anforderungen auch eine davon abweichende Anzahl von Stützrohren Verwendung finden.

Ein Kühlmittel wird über einen Verteiler 30 und entsprechende Anschlußleitungen 32 den Kopfleitungen von Kühlrohren 34 zugeführt, welche innerhalb der Statorwicklung verlaufen. Die Kopfleitungen mit den Kühlrohren und ihre Anordnung im Statoraufbau ist in Fig. 2 ange deutet.

Diese Darstellung gemäß Fig. 2 stellt eine Ansicht des Statoraufbaus in einer Radialebene dar, woraus hervorgeht, daß der Aufbau im wesentlichen zylindrisch ist. Die am inneren Umfang liegenden Stützrohre 26 und 28 sind vorzugsweise aus einem glasfaserverstärkten Epoxidharz hergestellt und begrenzen die Statorwicklung auf der Innenseite. Das Kernpaket 24 umfaßt eine Vielzahl dünner Bleche, welche etwa 0,5mm dick sind und aus einem magnetisierbaren Material wie z. Beispiel Siliciumeisen bestehen. Dieses Kernpaket 24 dient sowohl der radialen Abstützung der Statorwicklungen 22 als auch der Führung des Magnetflusses. Die Statorwicklung 22 besteht aus einer Vielzahl von Spulen 36, wobei im vorliegenden Fall 6 vorhanden sind, die spiralförmig auf den Stützrohren 26 und 28 wegverlaufend angeordnet sind. Auf der Außenseite sind die Spulen mit Schutzelementen 38 abgedeckt, welche vorzugsweise aus einer laminierten, glasfaserverstärkten Epoxidharzsicht bestehen. Diese laminierten Schutzelemente 38 sind zwischen die Spulen 36 und das Kernpaket 24 eingefügt, und werden durch Längs keile 40 in ihrer Position festgehalten. Durch diese Einfügung zwischen

die Spulen 36 und das Kernpaket 24 bieten die Schutzelemente auch einen mechanischen Schutz gegen eine Beschädigung der einzelnen Wicklungselemente, wenn diese in das Kernpaket 24 eingesetzt und zur Spule 36 montiert werden.

Jede Spule 36 ist als flache spiralförmige Struktur aufgebaut und umfaßt eine Vielzahl von in Serienschaltung konzentrisch zueinander verlaufenden Windungen 42, die jeweils miteinander im Kopfbereich verbunden sind. Die Anzahl der Windungen 42 hängt primär von der Nennspannung ab, und ist dementsprechend festgelegt. Bei der dargestellten Ausführungsform finden 5 Windungen Verwendung. Die Statorwicklung 22 und insbesondere eine Spule 36 ist in Fig. 3 perspektivisch dargestellt. Die innerste der Windung 42 umschließt ein offenes Wickelfeld 44. In dieses offene Wickelfeld 44 einer jeden Wicklung wird eine Aussteifung eingefügt, um die einzelnen Windungen der Spule zu verankern. Eine solche Aussteifung kann vorzugsweise aus einem glasfaserverstärkten laminierten Epoxidharzkörper bestehen, der bezüglich seiner Form und Größe derart hergestellt wird, daß er der grundsätzlich spiralförmigen Geometrie der Spule entspricht. In Fig. 2 sind massive Aussteifungskörper 46 angedeutet, wogegen in Fig. 4 ein Aussteifungskörper 46' mit einer Leiterstruktur dargestellt ist. Einflüsse, wie zum Beispiel die Amplitude der elektromagnetischen Kräfte, welche auf die Spulen wirken, können als Zwangseinflüsse die Formgebung diktieren, insbesondere den prozentualen Anteil der offenen Wickelflächen 48 im Aussteifungskörper 46'. Die Aussteifungskörper 46 und 46' verlaufen wie die Spulen gekrümmt und haben eine Dicke, die etwa der Dicke der Windungen 42 entspricht, mit welchen sie koplanar verlaufen.

Wie

130013/0979

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, können Bänder 50 vorgesehen sein, um die einzelnen Windungen 42 mit dem Aussteifungskörper 46' zu verbinden, um sowohl dessen axiale Lage als auch die Lage längs dem Umfang im strukturellen Aufbau des Stators festzulegen. Diese Bänder 50 erstrecken sich vorzugsweise durch Bohrungen 52 am Aussteifungskörper 46' und verlaufen sowohl in Umfangsrichtung als auch in radialer Richtung zu den daneben angeordneten Längsabschnitten und Kopfabschnitten der Windungen 42. Mit weiteren Bändern 50' können weiter außen liegende Windungen 42 miteinander verspannt werden. Auf diese Weise werden die konzentrisch zueinander verlaufenden Windungen 42 einer Spule in ihrer relativen Lage zueinander fixiert und festgehalten, wobei für die nötigen Abstände durch Abstandshalter 53 gesorgt wird. Durch eine entsprechende Verteilung der einzelnen Bänder wird dafür Sorge getragen, daß sich die einzelnen Bänder in ihrer räumlichen Anordnung nicht stören, und daß eine gleichmäßige Festigkeit sowohl zwischen dem Aussteifungskörper und den Windungen, sowie zwischen den Windungen weitgehendst gewährleistet ist.

Wie bereits erwähnt werden Abstandshalter 53 zwischen die einzelnen Wicklungen 42 eingefügt, u. z. sowohl im Kopfbereich der Wicklung als auch zwischen den in Längsrichtung verlaufenden Wicklungsabschnitten. Durch die Verwendung derartiger Abstandshalter in Verbindung mit den Bändern 50 und 50' kann man die einzelnen Windungen 42 einer Spule zu einer sehr starren und festen Einheit verschnüren, welche sehr widerstandsfähig gegen Vibrationen ist. Durch die Abstandshalter 53 wird auch ein gegenseitiges Reiben der Windungen 42 aneinander und damit eine daraus abzuleitende Beschädigung vermieden.

In

130013/0979

In Fig. 5 ist ein Teilausschnitt eines Schnitts durch den Stator 16 dargestellt, bei welchem Spannbolzen 54 vorgesehen sind, um das Statorpaket in radialer Richtung weiter auszusteifen, die Ver- spannung zu erhöhen und die mechanische Festigkeit der Stützrohre 26 und 28 zu vermehren. Diese Spannbolzen 54 erstrecken sich quer durch die offenen Wickelflächen 44. Die Aussteifungskörper 46 bzw. 46' sind in Fig. 5 nicht eingezeichnet, um die Zuordnung der einzelnen Teile besser darstellen zu können. Es ist trotzdem sichergestellt, daß die Spannbolzen jeweils durch offene Bereiche der Aussteifungskörper verlaufen.

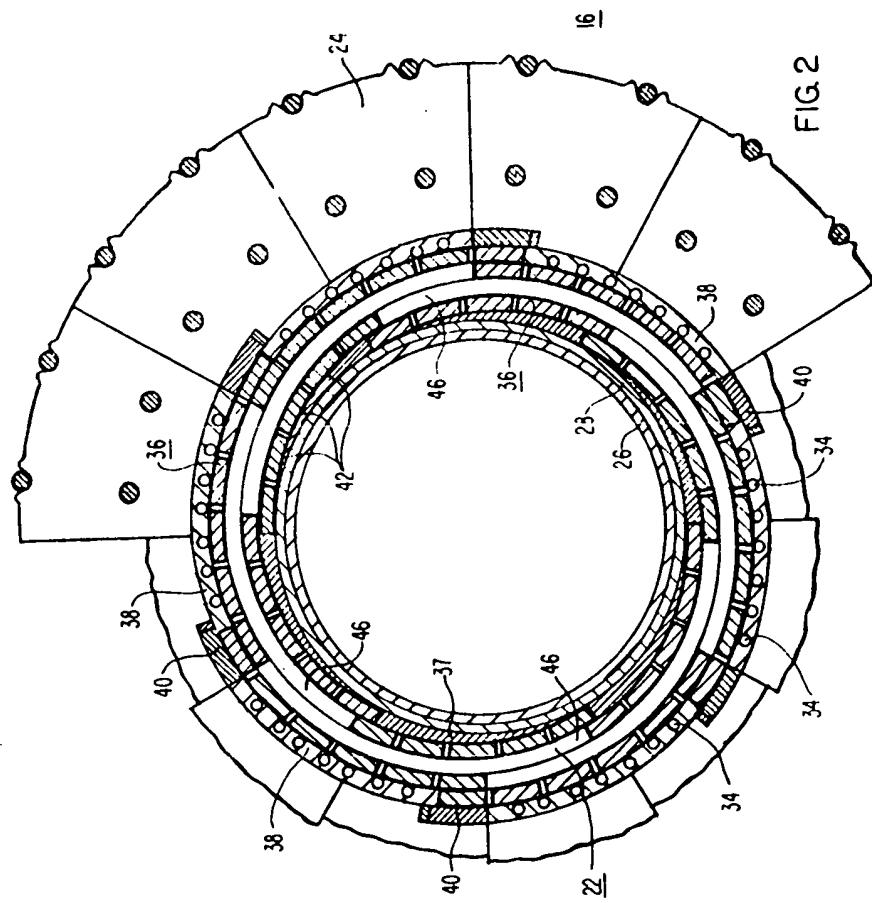
In den Fig. 6 und 7 sind jeweils weitere Segmentausschnitte des Stators im Schnitt dargestellt, um weitere Möglichkeiten aufzuzeigen, mit welchen Lastkomponenten aufgenommen werden können, die von Wicklungen 42 auf benachbart liegende Schutzelemente 38 wirken. Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform sind eine Vielzahl von Versteifungen 56 vorgesehen, welche von den Schutzelementen 38 ausgehend im wesentlichen radial zwischen benachbarte Windungen 42 derart verlaufen, daß in Umfangsrichtung wirkende und über die Spulen 36 übertragene Kräfte stückweise über die Versteifungen 56 in die Schutzelemente 38 abgetragen werden. Durch dies kann man Kraftkonzentrationen und mögliche Verformungen einzelner individueller Windungen 42 vermeiden. Bei der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform werden die von den individuellen Windungen 42 ausgehenden Lasten auf die Schutzelemente 38 mit Hilfe von Kerben bzw. Vertiefungen 58 übertragen, welche auf der Innenfläche der Schutzelemente angeordnet sind und die verkanteten Windungen 42 aufnehmen. Wie man sehen kann, sind die Windungen 42, welche in radialer Richtung nicht am Schutzelement 38 anliegen, nicht verkantet, um die radiale Ausdehnung des Statoraufbaus auf einem Minimum zu halten.

Durch die Maßnahmen der Erfindung kann die Statorwicklung einer dynamoelektrischen Maschine, welche aus spiralförmig flachen Spulen aufgebaut ist, wesentlich verbessert werden, indem die einzelnen Windungen festgehalten und strukturell in den Aufbau der Statorwicklung derart integriert werden, daß sich ein in wesentlichen starrer Aufbau ergibt. Insbesondere wird durch den strukturell integrierten Aufbau der Spulen erreicht, daß Konzentrationen der Umlaufkraft und eine Verformung von Windungen infolge derauf die einzelnen Windungen einwirkenden Lasten vermieden werden. Dadurch erhält man einen wesentlich steiferen Statoraufbau mit einem hohen Widerstand gegen Schwingneigungen und Verschiebungen aufgrund elektromagnetischer Einflüsse.

130013/0979

3028777

- 13 -

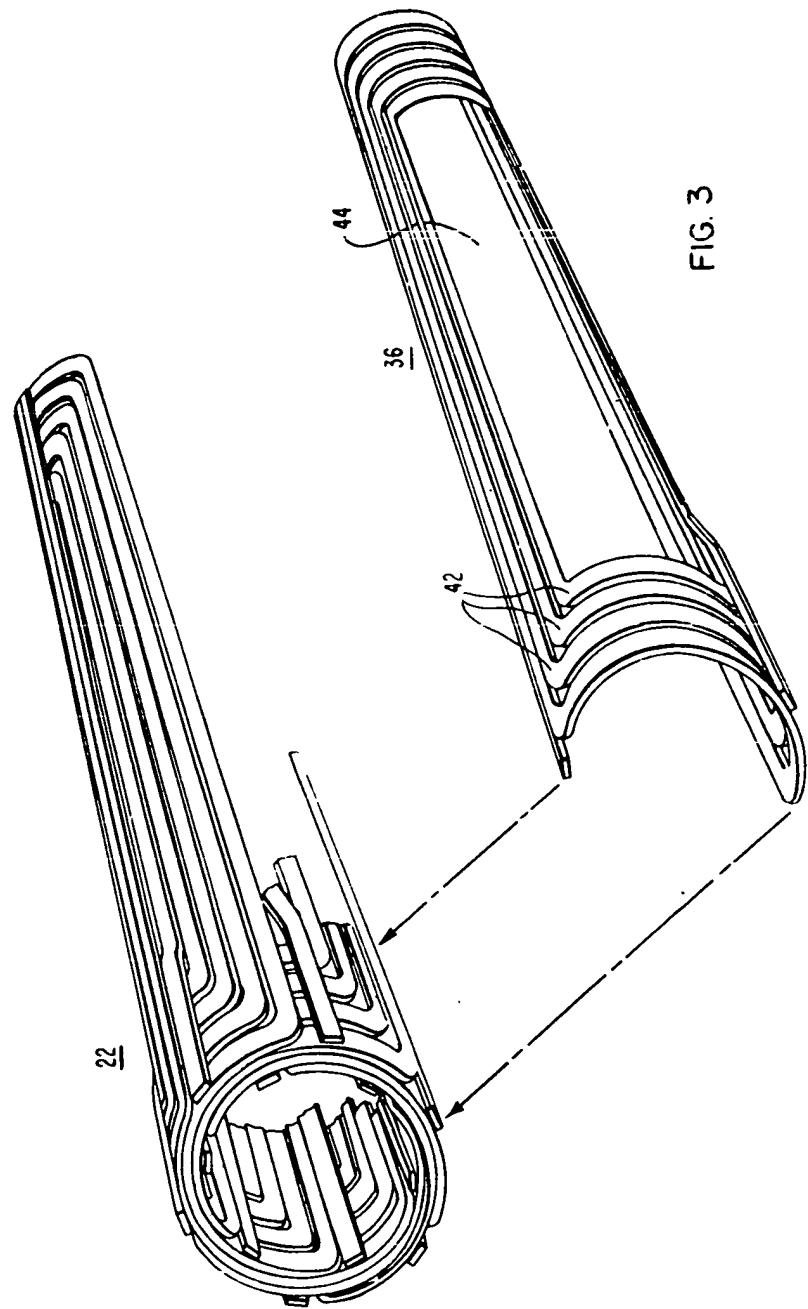


130013/0979

3028777

- 14 -

FIG. 3



130013/0979

3028777

- 15 -

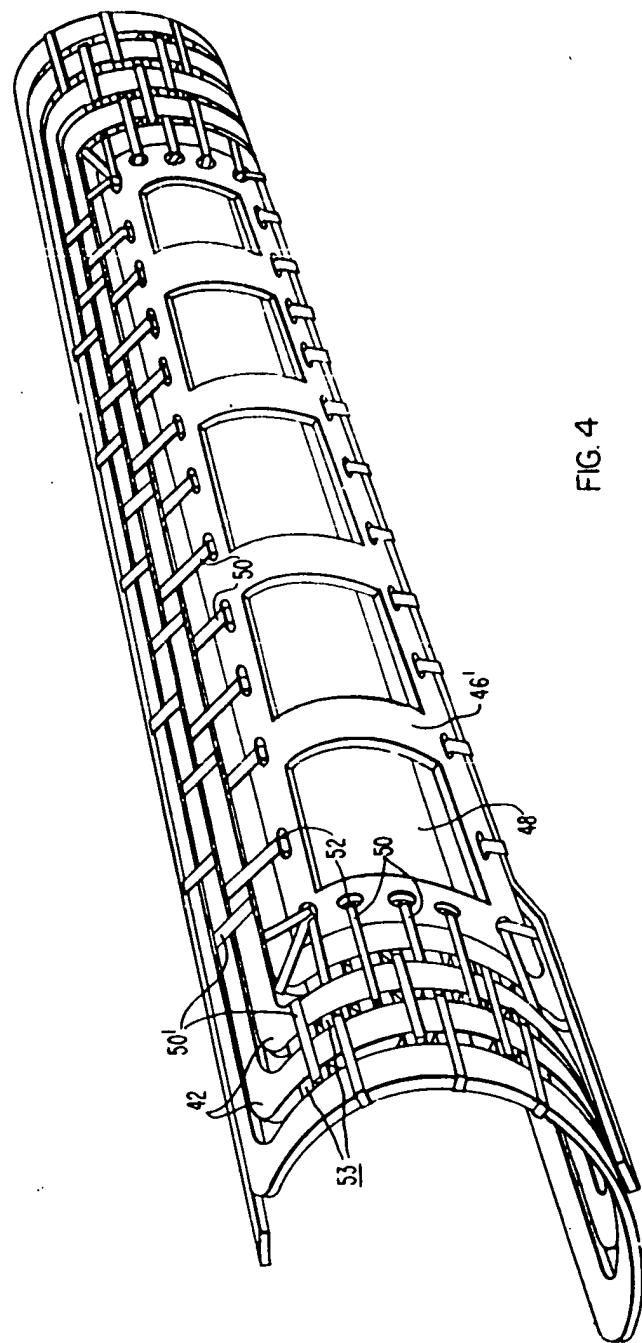
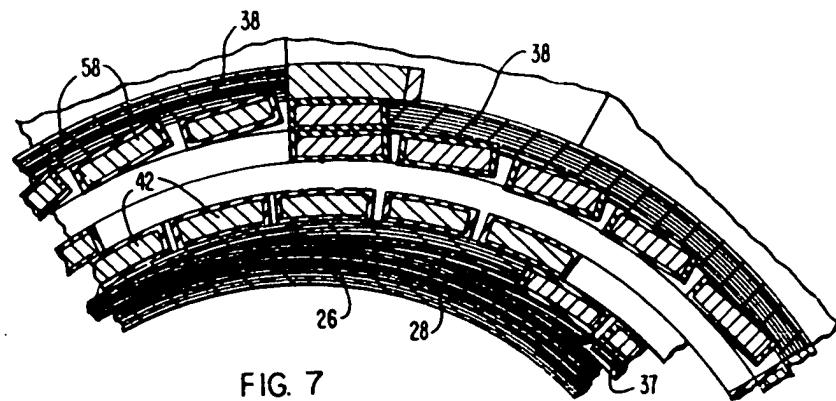
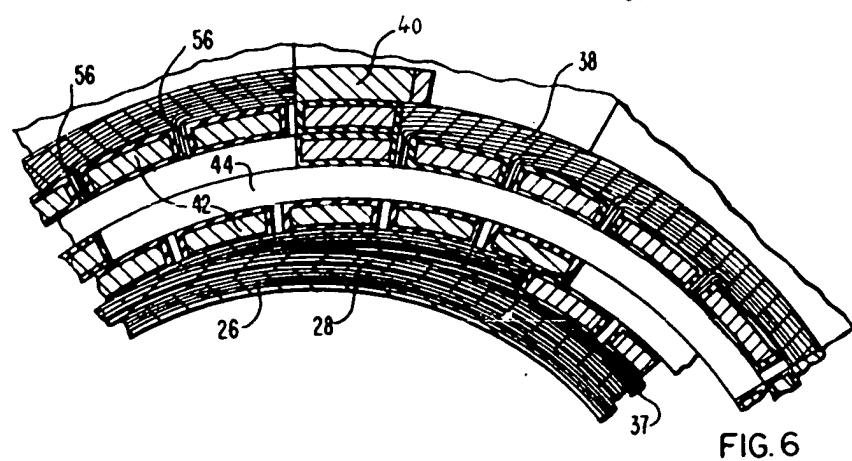
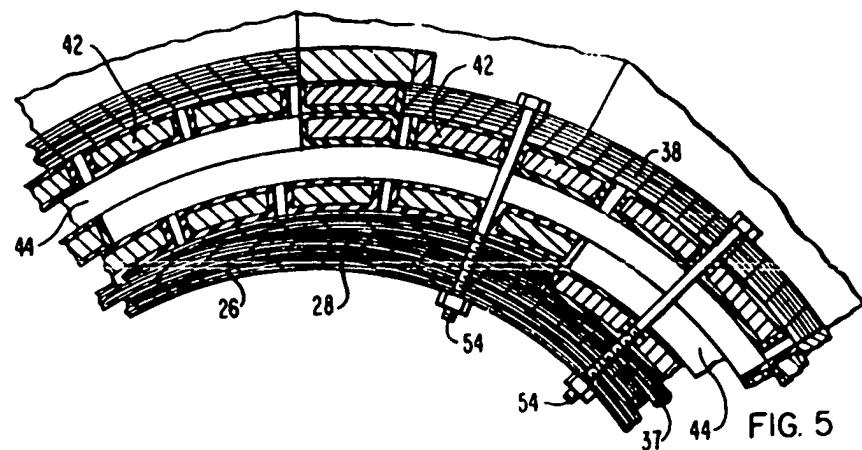


FIG. 4

130013/0979

3028777

- 16 -



130013/0979

- 17 -

3028777

Nummer: 30 28 777
Int. Cl.³: H 02 K 3/48
Anmeldetag: 29. Juli 1980
Offenlegungstag: 26. März 1981

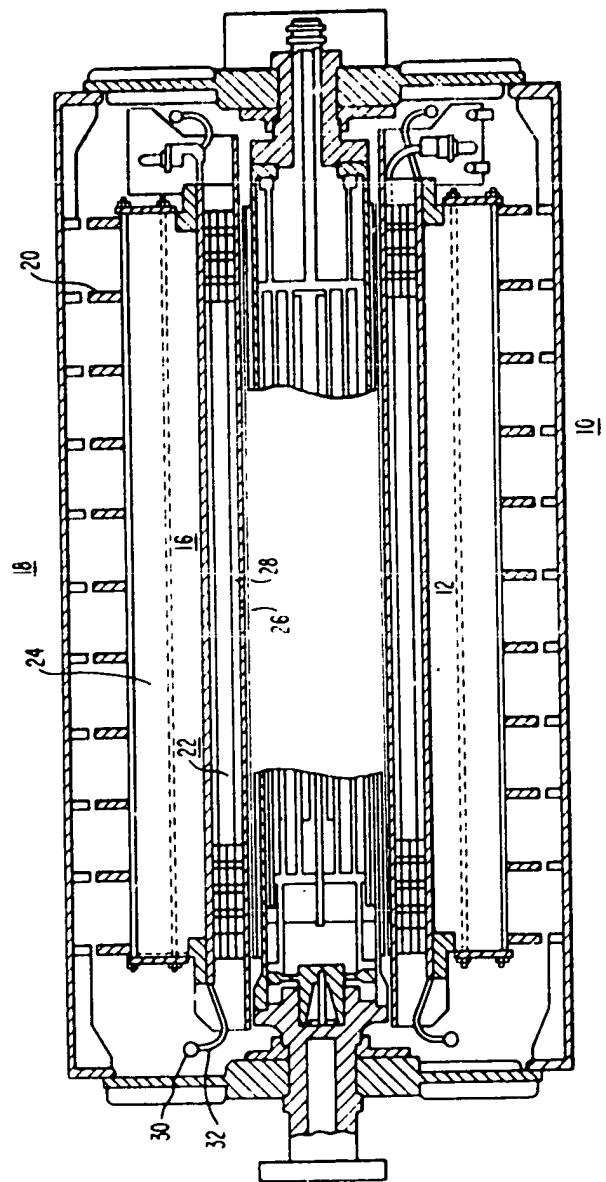


FIG. 1

130013/0979